

Ejemplares de manzanas cv. Golden Delicious presentando magulladuras evidentes.

Calidad de los frutos, resistencia a los daños mecánicos

Las propiedades de los materiales pueden definirse como aquellas que se relacionan con el comportamiento de los mismos cuando se les aplican unas fuerzas. Un creciente interés por las propiedades mecánicas de frutos y hortalizas ha llevado a un gran desarrollo de las investigaciones con el objetivo de determinar estas propiedades.

El estudio de las propiedades mecánicas de los productos hortofrutícolas puede realizarse bajo diferentes aspectos: determinación del momento óptimo de recolección, evaluación de la lectura, susceptibilidad a los daños mecánicos durante la recolección, el transporte y la manipulación, facilidad para el procesado y otros.

Todos ellos son aspectos que intervienen de forma muy importante en la *calidad de los productos*, habiendo de entender como tal no solamente el sabor, el aspecto externo, la textura interna y resistencia a la masticación,

etc., sino también otras importantes características, como la aptitud para efectuar la recolección y demás operaciones de transporte y transformación sin que haya que registrar pérdidas por falta de adecuación de los frutos a las manipulaciones a que se les someten durante todo el proceso.

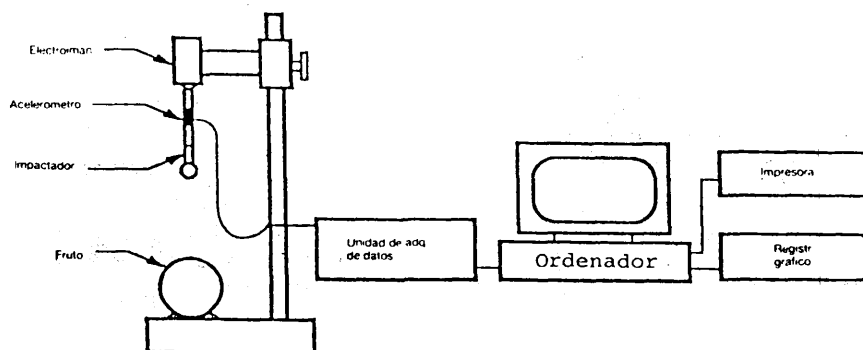
Hay pocos métodos y técnicas ampliamente generalizados para determinar las propiedades mecánicas que afectan a la calidad de la fruta, por lo que los resultados obtenidos por un investigador rara vez pueden compararse con los obtenidos por otro. Algunos ensayos de tipo estático para la determinación de la textura (penetración Magness-Taylor o compresión de probetas) han conseguido generalizarse. Sin embargo, en el aspecto de las cargas rápidas o impactos, no existen métodos de ensayo bien conocidos y generalizados, siendo precisamente los impactos o golpes una de las causas principales de las pérdi-

das de frutas por daños.

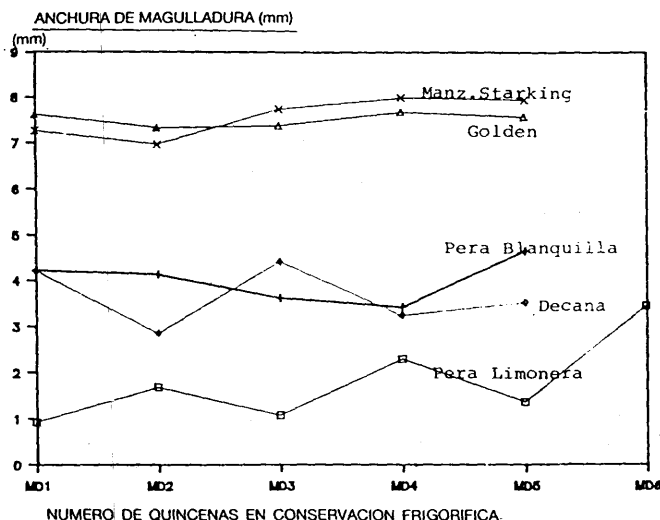
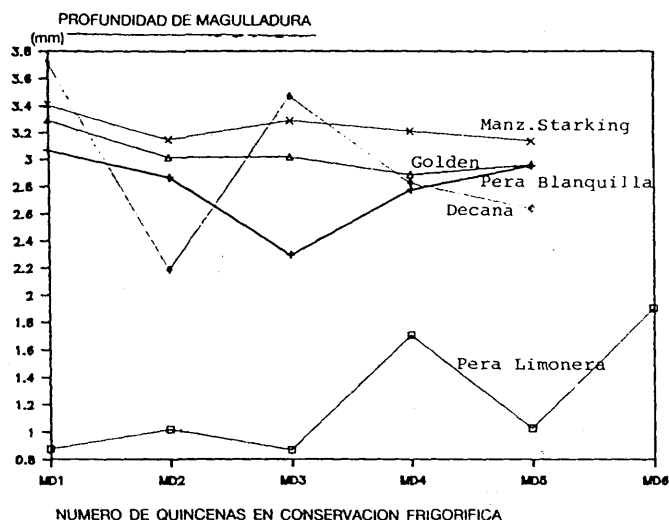
El impacto se diferencia de una carga estática en el hecho de que las fuerzas creadas en la colisión se aplican y se retiran en un tiempo muy pequeño, del orden de 10 milésimas de segundo que es el «tiempo o duración del impacto». Varios investigadores han descrito el impacto como un fenómeno elasto-plástico, lo que supone que el fruto se comporta parcialmente como elástico y parcialmente como plástico; este comportamiento está ligado a la constitución del tejido: células de paredes resistentes, fundamentalmente elásticas, y citoplasma y vacuolas de naturaleza plástica o viscosa.

INSTRUMENTACION

En algunos laboratorios especializados se cuenta con un sistema para ensayos de impacto, cuyos elementos se representan en la figura 2. La unidad consiste en un elemento impactante cilíndrico, provisto de una pequeña esfera, intercambiable, a la que se ha montado un acelerómetro, encargado de determinar (una vez transformadas sus señales) la historia de la fuerza instantánea producida durante la duración de impacto. El sistema se complementa con una «interface» de adquisición y registro de datos, acoplada a un ordenador personal. La forma de liberar el elemento impactador consiste en un electroimán, accionado por el propio programa; el elemento puede regularse en altura. La figura 3 muestra la informa-



Esquema del equipo de ensayo de impacto.



Valores de profundidad y anchura de las magulladuras en cinco cv de peras y manzanas, para 6 quincenas de conservación frigorífica y 4 cm de altura de caída del impactador.

ción que se obtiene de un impacto; las curvas de fuerza, velocidad y deformación instantáneas constituyen la base de la información, la cual es seguidamente procesada y analizada, según los objetivos de los ensayos. El sistema es muy sensible a variaciones de textura: la curva de fuerza del impacto va disminuyendo progresivamente en fuerza máxima y en pendiente según avanza la maduración.

El operador realiza los ensayos manteniendo el fruto apoyado ligeramente sobre la plataforma, con el fin de precisar lo mejor posible la zona del impacto (figura 4). Una vez inspeccionadas las curvas del impacto correspondiente, puede decidir si rechaza por defectuosa o registra y analiza los datos en memoria. El «software» del sistema contiene un conjunto de programas y subprogramas encadenados los cuales permiten crear archivos, representaciones gráficas, cálculo de los principales parámetros para su estudio, cálculo de tensiones y deformaciones según

el modelo elástico y valores del módulo de elasticidad, etc.

ALGUNAS APLICACIONES

Estudio de resistencia a impactos y a compresión en peras asiáticas.

Sobre cuatro variedades de peras de las llamadas «asiáticas» en los EE.UU. (Chojuro, Twentieth Century, Tsu Li y Ya i), se realizaron ensayos de compresión y de impacto con el objetivo de conocer la resistencia de las mismas a daños mecánicos. Los resultados indicaron que, en el momento de la recolección, Tsu Li y Ya Li pueden resistir los daños mecánicos casi tanto como Chojuro, la más resistente de las cuatro variedades. Como puede observarse en la figura 5, en este momento (punto 0) la profundidad de las magulladuras producidas está por debajo de los 2 mm, mientras que Twentieth Century muestra magulladuras de más de 6 mm de profundidad. Estas magulladuras eran aplicadas con el impacta-

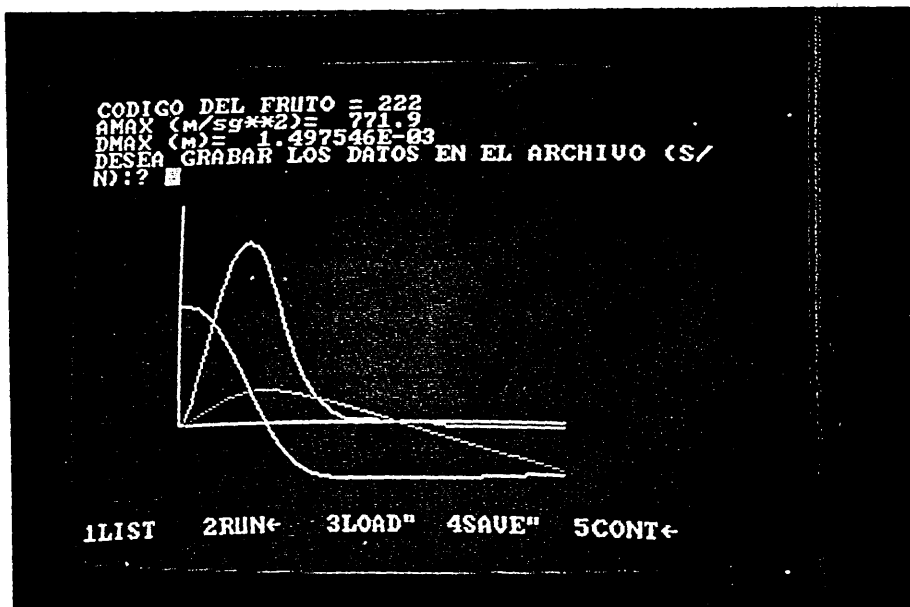
dor esférico de 19 mm de diámetro, lanzado desde 6 y 10 cm de altura.

Repetidos los ensayos al cabo de hasta 5 meses de conservación frigorífica de las peras, se observa que las variedades Tsu Li y Ya Li se hacen tan sensibles como Twentieth Century, todas ellas con magulladuras de 8 mm de profundidad; Chojuro permanece resistente durante todo el período de conservación. Se estudió la posible correlación entre esta resistencia diferente y otras propiedades mecánicas como la firmeza por penetración, la fuerza máxima determinada en el ensayo de impacto y en compresión, la energía aplicada y absorbida, el contenido en sólidos solubles, y otras. Se observa un efecto ciertamente significativo de la mayoría de estos parámetros sobre el tamaño de las magulladuras observadas, tanto si éstas se producen por impacto como si lo son por compresión; sin embargo, ninguna de las variables estudiadas es capaz de explicar con suficiente certeza la diferente susceptibilidad de estos frutos a la magulladura.

Las magulladuras por compresión se producen por medio de una máquina Universal de ensayos cuasi-estáticos Instron (figura 6), utilizando una esfera idéntica a la descrita para el impacto, y aplicando fuerza hasta una deformación (penetración) de 1,5 a 3 mm. Una interesante observación fue que las magulladuras así producidas aparecen con una forma esférica, semicircular en sección; las producidas por impacto presentan grietas profundas aumentando la gravedad del daño. Pueden observarse dichas grietas en otras variedades de pera, en ciertas condiciones.

Parámetros que determinan la resistencia al impacto en manzanas y en peras

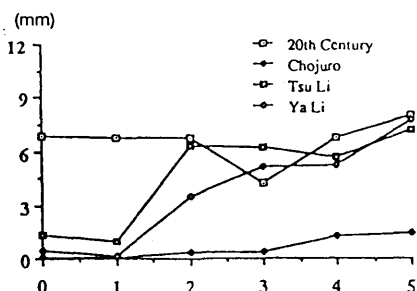
Durante los últimos tres años se han venido realizando extensos estudios con el fin de profundizar en el conocimiento de los parámetros del im-



Curvas del impacto en la pantalla del ordenador. La curva rosa representa la variación de la fuerza, siendo el eje horizontal el de tiempos.

pacío que puedan servir para conocer la respuesta de los tejidos de los frutos a los daños mecánicos. Sobre los tres cv. de pera (Limonera, Blanquilla y Decana de Comice) y dos de manzana (Golden Delicious y Starking), cultivadas en Lérida,* se aplicaron impactos con el impactador descrito, desde alturas 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 20 cm. De los resultados se deduce que las diferencias varietales y de madurez (a lo largo de 12 semanas de conservación frigorífica, y de 48 a 96 horas de maduración forzada) producen curva de respuesta al impacto significativamente diferentes. Para cada una de las variedades, tanto de pera como de manzana, el tamaño de las magulladuras se relaciona directamente con la altura de caída del impactador, y sólo débilmente con las diferencias de madurez. Por otro lado, estas diferencias de textura pueden determinarse con precisión por medio de varios parámetros del impacto, fácilmente calculables, por este sistema de ensayos, como el tiempo transcurrido hasta alcanzar la fuerza máxima, en milisegundos, y pendiente de la relación fuerza/deformación durante la fase de aplicación de la carga, en N/mm. El ensayo puede convertirse en no-destructivo aumentando convenientemente el radio de curvatura del impactador.

En relación a la forma de la magulladura, se observa que la pera Decana muestra el mismo tipo de fracturas en profundidad más arriba descritas para las peras asiáticas, y cada una

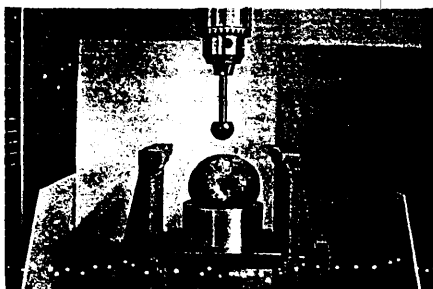


Número de meses en cons. frig.

Variación de la profundidad de la magulladura en cuatro cv. de pera durante 5 meses de conservación frigorífica. Impactos de 10 cm de altura.



Fruto de pera cv. Blanquilla sobre plataforma, colocado verticalmente bajo el impactador.



Máquina universal de ensayos (Instron). Realización de un ensayo de resistencia a la compresión.

de las cv estudiadas muestra importantes diferencias en el tipo de fracturas o discontinuidades que generan las magulladuras, las cuales se reflejan en la forma típica que adquieren en cada una de ellas: mayor desarrollo en profundidad en peras, mayor desarrollo lateral en manzanas. La figura 7 recoge algunos valores de profundidad y anchura de las magulladuras en las cv. estudiadas en estos ensayos. Nótese que, en estos ensayos, la profundidad de la magulladura es mayor, y aproximadamente constante, para las peras Blanquilla y Decana y las manzanas Golden y Starking, y menor y creciente según avanza la maduración en pera Limonera. La anchura de la magulladura es significativamente mayor en manzanas (unos 7,5 mm) que en peras (4 mm y 1-4 mm en Decana).

CONCLUSION

El problema de la calidad de los frutos es de vital importancia económica. La ausencia de daños de origen mecánico, y especialmente de magu-

lladuras, es un aspecto fundamental que hay que solventar. Es obvio que dichos defectos desaparecerán siempre que se utilicen procedimientos de recolección que aseguren el necesario respeto a los frutos: evidentemente, «evitando las causas se evitan los efectos». En un próximo trabajo podrá abordarse este tema.

Sin embargo, hay que considerar, y así se demuestra en todos los trabajos, que todos los materiales no reaccionan de la misma manera a las mismas agresiones mecánicas, y las causas es necesario conocerlas. Los objetivos son dos diferentes: por un lado, buscar procedimientos que aseguren la preservación de la calidad original de las frutas en el árbol, y en el grado de madurez que demande el consumo; por otro, introducir en los materiales vegetales las características estructurales, fisiológicas, bioquímicas, etc., que confieran mayor resistencia a los frutos, por medio de métodos de mejora genética.

Margarita Ruiz Altisent
Profesor Titular.

Depto. de Ingeniería Rural
E.T.S. de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chen P., M. Ruiz, F. Lu y A.A. Kader 1987. Study of impact and compression damage in Asian pears. Transactions of the ASAE Vol. 30 (4): 1193-1197.

García C. 1988. Impacto mecánico en frutos: técnicas de ensayo y aplicación a variedades de pera y manzana. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agrónomos.

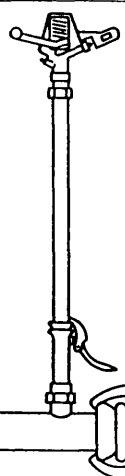
Ruiz M. 1987. Instrument for testing the impact response of different materials. Application to apples and pears. Proc. CEE Workshop on «Impact damage in potatoes». Kolding (Dinamarca).

* Agradecemos la colaboración del Instituto del Frio del CSIC y de Frutas NIKI de Lérida.

Revista agropecuaria fundada en 1911

el cultivador moderno

REDACCION, ADMINISTRACION y PUBLICIDAD
Vía Augusta, 158, 6.º - Tel. (93) 200 73 14
08006 BARCELONA (España)



Emplement FORTAS

tel. (972) 50 41 71
apartado 168
FIGUERES
(GIRONA)

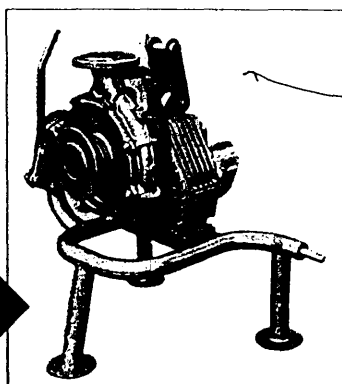
FABRICACION PROPIA

tubería y accesorios para riego por aspersión

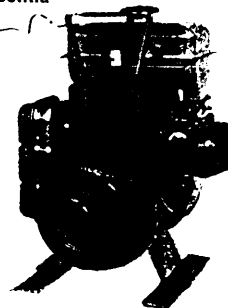
enlaces a rótula



25 modelos de bomba con multiplicador



motobombas con motor a gasolina



serie UMT-500